Ueber einen objektiven Härtemesser mit Zeigerausschlag für den Röntgenbetrieb.¹⁾

Von Heinz Bauer, Ingenieur in Berlin.

M. H.! Wenn wir kritisch an irgend eine Wissenschaft herantreten, so läßt sich wohl der allgemein gültige Grundsatz aufstellen: eine Wissenschaft verdient ihren Namen als solche, umso eher, je sorgfältiger sie ihre Ergebnisse zu kontrollieren vermag. Für eine Experimentalwissenschaft heißt das also, je genauer und lückenloser ihre Meßmethoden sind.

Wenn wir daraufhin die Radiologie unter die kritische Lupe nehmen, so werden wir zu einem nicht sonderlich erfreulichen Resultat kommen. Nicht, daß es an Meßmethoden mangelte. Im Gegenteil! Es existieren deren eine Unzahl, ja, man kann behaupten, daß jeder sich längere Zeit betätigende Röntgenologe eine neue aufstellt und mit ihr arbeitet. Aber diese Unzahl der Methoden ist schließlich nur der beste Beweis dafür, daß „die“ Methode fehlt, die Methode, die allgemein gültige Meßgrößen liefert und damit die Reproduzierbarkeit für die Gesamtheit der Röntgenologen bietet. Ehe wir eine solche Methode nicht haben, wird — es ist bitter, das klipp und klar auszusprechen — die Radiologie eine Wissenschaft der Erfahrung des Einzelnen bleiben.

Soweit es sich lediglich um die Betriebsverhältnisse unserer Strahlenquelle, der Röntgenröhre, handelt, sind wir mit den Intensitätsmessungen — ich meine die quantitativen Messungen mit Hilfe des Milliampereometers — am weitesten. Sie sind keineswegs ideal, und ich glaube kaum, daß die reine Physik sie oder wenigstens sie allein für unsern Zweck gelten ließe. Aber immerhin liefert uns das Milliampereometer Angaben in einem international gültigen absoluten Maße, die, wenn sie bei vollständigen Ausschluß der verkehrten Phase — das allerdings ist Grundbedingung — gewonnen werden, eine praktisch brauchbare Kontrolle ermöglichen.

Anders, wesentlich anders liegen die Verhältnisse bei den qualitativen Messungen, den Härtebestimmungen. Zunächst sind für diesen Zweck drei Hauptskalen vorhanden, die in Radiologenkreisen Bürgerrecht genießen: die „Bénoist-“, die „Wehnelt-“ und die „Walter“-Skala, die bekanntlich sämtlich auf Grund der progressiven Strahlenabsorption bei zunehmender Metalldicke aufgestellt sind. Aber von jeder dieser drei Hauptskalen, wie sie von ihren Konstrukteuren dimensioniert worden sind, existiert noch eine Reihe mehr oder minder verbreiteter Modifikationen, sodaß man selbst bei ganz bestimmten Angaben nach der einen oder anderen Skala niemals mit Sicherheit weiß, welcher Härtegrad eigentlich gemeint ist. Das Schlimmste ist jedoch, daß die Gewinnung der Härtewerte mit Hilfe dieser Skalen durchgehends auf rein subjektivem Wege vor sich geht, sodaß — ich habe das täglich mehrere Male in meinem Laboratorium zu beobachten Gelegenheit — bei ein und derselben Röhre unter absolut unveränderten Betriebsverhältnissen mit demselben Meßinstrument von verschiedenen Beobachtern außerordentlich weit auseinandergehende Härtenmaße gewonnen werden. Für diese Tatsache liefert ja auch die Literatur genügend Beispiele. So finden wir in dem bekannten, gründlichen Buche von Kienböck „Radiotherapie“ die Angabe, daß 6 Bénoistgrade 10 Wehneltgraden und 8 Bénoistgrade 12 Wehneltgraden entsprechen, während das Albers-Schönbergsche Handbuch für 6 Bénoistgrade nur 8 Wehneltgrade, für 8 Bénoistgrade nur 9,6 Wehneltgrade gelten läßt. Also zwischen den Angaben dieser beiden erfahrenen Röntgenologen bestehen schon Differenzen von fast 25 %.

Zu diesem Fundamentalfehler der subjektiven Bestimmung kommt dann noch der Uebelstand, daß sich die Härtemessung immer nur auf

den Moment der Ablesung bezieht, sodaß also eine Kontrolle der Röhre während des Betriebes und damit die Feststellung der recht beträchtlichen qualitativen Schwankungen bei Aenderung der Belastung und der Unterbrechungszahl fortfällt. Endlich muß man noch hinzufügen, daß der Röntgenologe in den meisten Fällen gezwungen ist, sich zum Zwecke der Härtebestimmung in den Strahlenbereich der Röhre zu begeben. Je gründlicher er also arbeitet und seine Röhre kontrolliert, um so größer wird die Gefahr einer Röntgenshädigung für ihn sein.

Von verschiedenen Seiten ist daher bereits der Versuch unternommen worden, durch Schaffung objektiver Härtemesser diesen unhaltbaren Zuständen ein Ende zu bereiten. So haben Villard, Bergoiné, Klingelfuss zum Teil recht geistvolle Konstruktionen herausgebracht. Sie haben jedoch leider wenig Eingang in die Röntgenpraxis gefunden, da sie entweder zu kostspielig oder zu subtil waren, oder aber sich nur bei Verwendung bestimmter Instrumentarien, resp. bei langwieriger und teurer Umgestaltung der vorhandenen gebrauchen ließen.

Ich hatte mir daher bereits vor längerer Zeit die Aufgabe gestellt, die Lücke auszufüllen und ein verhältnismäßig billiges Meßinstrument zu schaffen, das, bei jedem Instrument anwendbar, praktisch brauchbare objektive Härtebestimmungen zuläßt. Nun bieten die Verhältnisse einem insofern eine Handhabe zur Konstruktion eines derartigen Instrumentes, als die Röhrenhärte bekanntlich eine Funktion der Spannung des Sekundärkreises ist, sodaß eine Messung dieser Spannung gleichzeitig Rückschlüsse auf die Röhrenhärte zuläßt. Zuerst wird man daher auf ein bipolar anzuschließendes Voltmeter kommen. Jedoch wäre ein solches infolge der in Betracht kommenden ungewöhnlich hohen Spannungen zu schwerfällig und zu teuer geworden.

So griff ich denn auf das einfache und billige statische Elektrometer zurück, das seit Jahren für derartige Spannungsmessungen in physikalischen Laboratorien Anwendung gefunden hat. Allerdings geht die maximale Reichweite eines solchen Instrumentes nur bis 10 000 Volt, sodaß es sich nicht ohne weiteres für die in Frage kommenden Spannungen über hunderttausend Volt verwenden ließe. Durch einen Kunstgriff jedoch gelang es mir, das Instrument für unsere Zwecke, d. h. für derartige Spannungen brauchbar zu machen. Ich nutzte nämlich für die Konstruktion das Phänomen des Potential-Abfalles innerhalb eines Kondensators aus. Ein solcher Kondensator in der Form von Kohlranch ist ein höchst einfacher Apparat. Er besteht lediglich aus zwei runden, sich gegenüberstehenden Metallplatten, die durch einen Luftzwischenraum voneinander getrennt sind, und läßt sich ohne jede Schwierigkeit über dem eigentlichen Elektrometer anbringen. Das letztere selbst mußte jedoch für unsern Zweck gegenüber den bestehenden Konstruktionen wesentlich verändert werden. Es würde zu weit führen, wenn ich auf die vielseitigen konstruktiven Einzelheiten hier eingehen wollte. Ich möchte nur soviel zum Verständnis des Prinzips des Instrumentes bemerken, daß es aus zwei feststehenden Metallflächen besteht, zwischen denen zwei an einer Achse befestigte Flügel schwingen. (Fig. 1.) Bei Anschluß an eine Hochspannungsleitung laden sich die Flügel und die Metallflächen gleichnamig auf, und es kommt zu einer Abstoßung, deren Größe direkt proportional der angelegten Spannung ist. An dem einen Flügel ist ein Zeiger befestigt, der über eine Meßskala spielt, sodaß man auf dieser die Größe des Ausschlages bequem ablesen kann. Das ganze in einer Hartgummidose untergebrachte Instrument (Fig. 2) ist leicht beweglich an einem Wandarm angebracht, der eine bequeme Befestigung an der Schutzkabine oder dem Blendkasten ermöglicht. Das Instrument wird, wie bereits erwähnt, unipolar angeschlossen; man hat also nur nötig, die Klemme desselben mit irgendeinem Punkte der Kathodenleitung, sei es der negativen Klemme des Induktors, sei es der Kathode der Röntgenröhre zu verbinden. Der Anschluß an die Anodenleitung ist aus Gründen der schwankenden Kapazität dieser Elektrode bei Röntgenröhren nicht zu empfehlen.

Die Versuche mit den verschiedensten Röhren und Instrumentarien ergaben ein absolut einwandfreies Funktionieren des Apparates. Die Konstruktion stand also; aber die Eichung des Instrumentes machte mir noch einiges Kopfzerbrechen. Da kam ich auf die Idee, das Instrument einfach nach der Absorption zu eichen, die die Röntgenstrahlen

Fig. 1.

¹⁾ Vortrag auf dem Internationalen Kongreß für Radiologie und Elektrologie in Brüssel, September 1910.

innerhalb des in der Radiologie gebräuchlichsten Absorptionsmaterials erfahren, nämlich in Bleiblech. Auf der Skala des Instrumentes steht: „Die Strahlung ist absorbiert bei 0, 1, 2, 3, 4 usf. $\frac{1}{10}$ mm Bleiblech“.

Fig. 2.

sodaß der Zeigerausschlag einfach diesen Absorptionsgrad erkennen läßt. Eine solche Skala läßt sich ohne

jede Schwierigkeit an jedem Punkt der Erde mit Hilfe einer Bleiblechtreppe, deren Stufen immer um ein $\frac{1}{10}$ mm aneinander differenzieren, reproduzieren, denn Bleiblech ist überall Bleiblech, und $\frac{1}{10}$ mm ist überall $\frac{1}{10}$ mm, sodaß die Angaben des Instrumentes auch dort, wo ein solches nicht vorhanden ist, einfach mit Hilfe einer photographischen Platte jederzeit kontrollierbar und reproduzierbar sind. Eine solche Bleistufenskala übrigens, die ja nach oben wie nach unten hin absolut unbegrenzt ist, ist so einfach, daß sie verdiente, internationale Anerkennung

in der Röntgenologie zu finden. — Bei einer Prüfung des Instrumentes im Institute meines Freundes Dr. Klynens in Antwerpen sowohl am Hochspannungsgleichrichter wie am Induktor stellte sich gestern übrigens heraus, daß die Skalenteile ziemlich genau mit denen der Benoistskala übereinzustimmen scheinen. Auch eine photographische Kontrollaufnahme, die wir in der Eile vornahmen, ergab die Uebereinstimmung. Die Vergleiche wurden allerdings nicht umfangreich genug durchgeführt, um definitive Resultate zu liefern, jedoch können — das läßt sich heute bereits sagen — etwaige Differenzen zwischen beiden Skalen keineswegs erheblich sein.

Alles in allem haben wir hier also ein Instrument, das durch Zeigerausschlag, d. h. also absolut objektiv, Angaben über die Röhrenhärte in einem an jedem Punkt der Erde ohne Schwierigkeit reproduzierbarem Maße bietet und außerdem eine Kontrolle der Röhre während des ganzen Betriebes von einem strahlensicheren Ort aus ermöglicht.

Ob wir in diesem „Röntgen-Qualimeter“, wie man den Apparat ja wohl nennen kann, tatsächlich den Standard-Härtemesser haben, für den ihn heute bereits maßgebende Röntgenologen ansehen wollen, wage ich nicht zu entscheiden. Das wird die Zeit lehren. Jedenfalls aber glaube ich, mit diesem Instrument einen immerhin brauchbaren Beitrag zur Behebung der Härtemessungs-Kalamität geliefert zu haben.¹⁾

¹⁾ Die alleinige Herstellung des Instrumentes liegt in Händen der Firma Heinz Bauer, Radiotechnische Werke, G. m. b. H., Berlin W. 35, Lützowstr. 106.